

# SAMENVATTEND VERSLAG

## MONITORING “BROERSBANK”

<b>Project</b>	<b>Vlaamse Baaien – Monitoring “Broersbank”</b>
<b>Dossiernr</b>	<b>212176</b>
<b>Titel</b>	Monitoring Broersbank- Samenvattend verslag (December 2013-februari 2015)
<b>Document nr.</b>	212176-R08-20150515_update20150228
<b>Auteur</b>	Hana Ortega – KU Leuven
<b>Goedgekeurd</b>	Jaak Monbaliu – KU Leuven
<b>Datum</b>	21/02/2015 (draft) 28/02/2015 (finale versie) 15/05/2015 (update finale versie – modellering tot en met Februari 2015)

# Inhoud

<b>INHOUD .....</b>	<b>2</b>
<b>LIJST FIGUREN .....</b>	<b>2</b>
<b>LIJST TABELLEN.....</b>	<b>3</b>
<b>1. INLEIDING EN DOELSTELLINGEN .....</b>	<b>4</b>
<b>2. VERWERKING GOLFMETINGEN .....</b>	<b>8</b>
<b>3. WERKWIJZE GOLFMODELLERING .....</b>	<b>10</b>
<b>4. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN .....</b>	<b>20</b>
4.1. <i>Conclusies .....</i>	<i>20</i>
4.1.1. <i>Meetgegevens .....</i>	<i>20</i>
4.1.2. <i>Modelresultaten van de eerste 15 maanden en de 11 geselecteerde stormen.....</i>	<i>20</i>
4.2. <i>Aanbevelingen voor verder onderzoek .....</i>	<i>22</i>
<b>5. REFERENTIELIJST .....</b>	<b>24</b>
<b>REFERENCE TO THIS REPORT .....</b>	<b>25</b>

## Lijst Figuren

Figuur 1.	Locatie van de vijf boeien (rode cirkels).....	5
Figuur 2.	Hm0, Tz en piekgolfrichting voor de boeien BRB5DB, BRB3GB, BRB4GB, BRB2DB en BRB1GB. Golfrozen voor BRB5 en BRB2 (directioneel). Ruwe data afkomstig van de geheugenkaartjes. December 2013.....	9
Figuur 3.	Opzet van modelstructuur met uitwisseling van informatie (B.C. = boundary conditions (randvoorwaarden)). In de figuur onderaan zijn de verschillende roosters te zien met op de figuur rechts in het rood het gedraaide rooster voor het SWAN kuststrookmodel.....	10
Figuur 4.	(ook figuren op vorige pagina) Modelresultaat Hm0 (aangeduid met Hsig in m) simulatie voor maart 2014 model settings CM50, CW50 en CM52 en meetgegevens boeien op locaties WHIDW1, BRB5DB, BRB3GB, BRB4GB, BRB2DB, BRB1GB en TRGGB1. ....	14
Figuur 5.	(ook figuren op vorige pagina) Modelresultaat Hm0 en Tm02 storm 10-13 Maart 2014 model settings CM50, CW50 en CM52 en meetgegevens boeien op locaties WHIDW1, BRB5DB, BRB3GB, BRB4GB, BRB2DB, BRB1GB en TRGGB1. ....	16
Figuur 6.	Verloop waarden statistische parameters voor golfhoogte Hm0 model settings CM50, CW50 en CM52 en dit op locatie BRB1GB. Per maand simulatie is er een parameterwaarde. ....	17

Figuur 7. Verloop statistische parameterwaarden voor model settings CM50, CW50 en CM52 op locatie BRB1GB. Per maand simulatie is er een parameterwaarde. ....	18
---	----

## Lijst Tabellen

Tabel 1. Coördinaten (WGS 84) en benaming van de boeien. (*) WHI en TRG zijn boeien van het Meetnet Vlaamse Banken. ....	4
Tabel 2. Maand van onderhoud voor de verschillende boeien (periode December 2013- februari 2015). Naam van de boei (A94 staat voor aKUST94) en opgemeten waterdiepte op de boeipositie (aangeduid met de boeilocatienaam, zie Figuur 1). ....	5
Tabel 3. Overzichtstabel meetgegevens boeien en modellering voor periode December 2013- februari 2015. ....	6
Tabel 4. Overzichtstabel van de verschillende rapporten. Rapporten worden aangeduid met een nummer. In de referentielijst wordt elk rapportnummer voorafgegaan door het projectnummer (212176). ....	7
Tabel 5. Dekking van de boeimetingen per maand voor de periode December2013-Februari 2015. (*) data nog niet volledig beschikbaar. (**) data nog niet gerapporteerd.....	8
Tabel 6. Overzicht van de geselecteerde settings voor simulatie volledige meetperiode. ....	12
Tabel 7. Start- en einddatum voorde geselecteerde stormen periode dec 2013-feb 2015. ....	12
Tabel 8. Hm0 indicator per 3 maanden van december 2013 tot en met februari 2015.....	19
Tabel 9. Tm02 indicator per 3 maanden van december 2013 tot en met februari 2015. ....	19

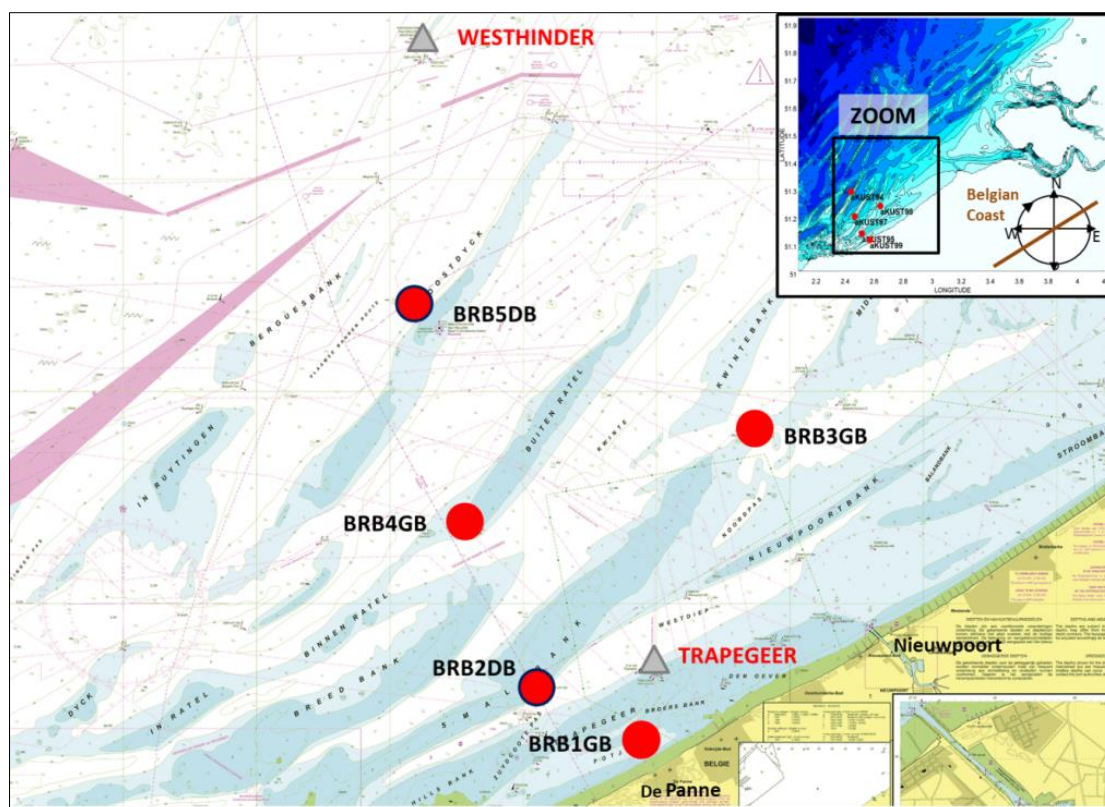
## 1. INLEIDING EN DOELSTELLINGEN

De doelstelling van het project 212176 “Vlaamse baaien – Monitoring Broersbank” is om de voortplanting, dissipatie en aangroei van golfenergie dat zich van offshore naar onze kust toe beweegt, te bestuderen enerzijds via metingen, enerzijds via numerieke modellering met behulp van spectrale golfmodellen.

De meetcampagne ging van start ging eind november 2013 en maakt gebruik van 5 golfboeien (2 directionele en 3 niet-directionele) gepositioneerd tussen de locaties Westhinder en de Broersbank, zie Figuur 1. De metingen worden als een samenvatting van de spectrale gegevens wordt via satelliet doorgestuurd naar land. De ruwe data wordt ook opgeslagen op geheugenkaartjes die zich in de boei bevinden en die kunnen uitgelezen worden bij onderhoud van de boei. Om verwarring tussen de benaming van de boeien (gebruikt in de satellietcommunicatie, zie Tabel 2) en van de locaties waar de boeien zich effectief bevinden te vermijden, wordt er in alle rapporten gewerkt met de benaming van de locaties (zie Figuur 1 en Tabel 1). De naamgeving van de locatie van de 5 boeien start met ‘BRB’. Het cijfer dat er op volgt is het nummer dat de locatie aanduidt. De twee laatste letters geven aan of het om een directionele boei (DB) of een gewone niet-directionele boei (GB) gaat. In Tabel 1 en Figuur 1 zijn ook de locaties en de coördinaten opgenomen van de golfmeetboeien Westhinder (directioneel) en Trapegeer (niet-directioneel). Deze twee boeien zitten in het Meetnet Vlaamse Banken en de verwerking van die metingen gebeurt door het Hydrometeo team van de Vlaamse Hydrografie. Deze metingen werden dan ook via deze dienst ter beschikking gesteld voor dit onderzoek.

LOCATIE	Breedtegraad	Lengtegraad	Diepte (m)
<b>WHI (*)</b>	51.3888	2.4483	25,9
<b>BRB5DB</b>	51.2847	2.4394	24,5
<b>BRB3GB</b>	51.2323	2.6413	8,0
<b>BRB4GB</b>	51.1950	2.4656	4,5
<b>BRB2DB</b>	51.1330	2.5145	14,4
<b>BRB1GB</b>	51.1100	2.5700	7,2
<b>TRG (*)</b>	51.1375	2.5830	3,4

Tabel 1. Coördinaten (WGS 84) en benaming van de boeien. (\*) WHI en TRG zijn boeien van het Meetnet Vlaamse Banken.



**Figuur 1. Locatie van de vijf boeien (rode cirkels).**

In de periode december 2013 tot februari 2015 werden de 5 boeien twee maal uit het water gehaald voor onderhoud en werden terug de geheugenkaartjes uitgelezen (zie Tabel 2). Het is de bedoeling dat in maart 2015 de twee dichtst bij de kust gelegen boeien uit het water zullen gehaald worden voor onderhoud en zullen dus ook de gegevens van de geheugenkaartjes beschikbaar worden voor de periode sinds september-oktober 2014. De drie andere boeien zullen daarna aan de beurt komen.

		2013	2014												2015					
		N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M
BRB5DB	boei	A94				A95						A95 *	A94							
	diepte (m)	24,5				21,0						21,8	21,8							
BRB3GB	boei	A98				A96						A96								
	diepte (m)	8,0				8,0						8,1								
BRB4GB	boei	A97				A98						A99								
	diepte (m)	4,5				4,5						4,5								
BRB2DB	boei	A95				A93						A93						A95		
	diepte (m)	14,4				14,4						14,4						**		
BRB1GB	boei	A99				A97							A98					A97		
	diepte (m)	7,2				7,2							7,1					**		

\* Boei op drift en daaropvolgend vervangen in de maand oktober

\*\* Waterdiepte niet bepaald bij ophalen boei

**Tabel 2. Maand van onderhoud voor de verschillende boeien (periode December 2013- februari 2015). Naam van de boei (A94 staat voor aKUST94) en opgemeten waterdiepte op de boeioppositie (aangeduid met de boeilocatienaam, zie Figuur 1).**

Dit rapport wil een samenvatting brengen van enerzijds de meetcampagne en anderzijds van de modellering en dit voor de periode december 2013 tot en met februari 2015. In onderstaande Tabel 3 is aangegeven welke boeidata beschikbaar waren en waarover ook effectief gerapporteerd is geweest. Gezien de data afkomstig van de geheugenkaartjes voor de periode september 2014 – februari 2015, nog niet beschikbaar was, is er ook nog geen rapportering over die ruwe data noch een rapportering over de modellering gezien de modellering gebruik maakt van deze dataset voor de vergelijking met de metingen. Deze rapportering zal meegenomen worden in het vervolgproject “214339 Vlaamse baaien – Monitoring Broersbank” en na beschikbaarheid van de data zo snel als mogelijk gerapporteerd worden.

			2013	2014												2015				
				D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F		
Golven Metingen	Satelliet Connectie	BRB5DB																		
		BRB3GB																		
		BRB4GB																		
		BRB2DB																		
		BRB1GB																		
	Geheugen kaarten	BRB5DB											>>	>>	>>	>>	>>	>>		
		BRB3GB											>>	>>	>>	>>	>>	>>		
		BRB4GB											>>	>>	>>	>>	>>	>>		
		BRB2DB											>>	>>	>>	>>	>>	>>		
		BRB1GB											>>	>>	>>	>>	>>	>>		
Golven Modellering		BRB5DB																		
		BRB3GB																		
		BRB4GB																		
		BRB2DB																		
		BRB1GB																		
			<div><div></div><div></div></div> : ontvangen, verwerkt en gerapporteerd <div><div></div><div></div></div> : nog niet beschikbaar <div><div></div><div></div></div> : ontvangen maar nog niet gerapporteerd																	

Tabel 3. Overzichtstabel meetgegevens boeien en modellering voor periode December 2013- februari 2015.

Gedurende dit project “212176 Vlaamse baaien – Monitoring Broersbank” werden verschillende uitgebreide rapporten en enkele nota’s opgesteld zowel met betrekking tot de verwerking van de boeigegevens als met betrekking tot de modellering. In onderstaande tabel kan men een overzicht vinden van deze rapporten en nota’s (zie ook de REFERENTIELIJST).

<b>Boeidata via satelliet</b>				
<b>Periode</b>	Dec 2013-Maart 2014	April-Augustus 2014	Sept-Nov 2014	Dec 2014-Feb 2015
<b>Rapport</b>	R01- 20140716	R03-20141021	R04-20141218	R07-20150331
<b>Boeidata on board geheugenkaartjes</b>				
<b>Periode</b>	Dec 2013- Maart 2014	April-Augustus 2014	Sept-Nov 2014	Dec 2014-Feb 2015
<b>Rapport</b>	R02-20140625	R05-20141216	(*)	(*)
<b>Modellering</b>				
<b>Periode</b>	Concept Modellering	Resultaten Modellering: Dec 2013 - <b>Aug 2014</b>	→	Resultaten Modellering: Dec 2013 - <b>Feb 2015</b>
<b>Rapport</b>	N02_20140204	R06_20150228	→	→R06_20150515
(*) BRB1GB en BRB2DW data geheugenkaarten werden opgehaald in Maart 2014. De data op de geheugenkaartjes van de andere boeien was nog niet beschikbaar in Mei 2014. Er zal later een ruwe data rapport opgemaakt worden wanneer de data van de geheugenkaartjes van de 5 boeien beschikbaar is.				

**Tabel 4. Overzichtstabel van de verschillende rapporten. Rapporten worden aangeduid met een nummer. In de referentielijst wordt elk rapportnummer voorafgegaan door het projectnummer (212176).**

Bijkomende nota's:

- 1) "N01-20140131": beschrijving van de eerste waarnemingen en mogelijke problemen.
- 2) "N03\_20150417": nota vooronderzoek naar grootte orde energiedissipatie over zandbanken.

## 2. VERWERKING GOLFMETINGEN

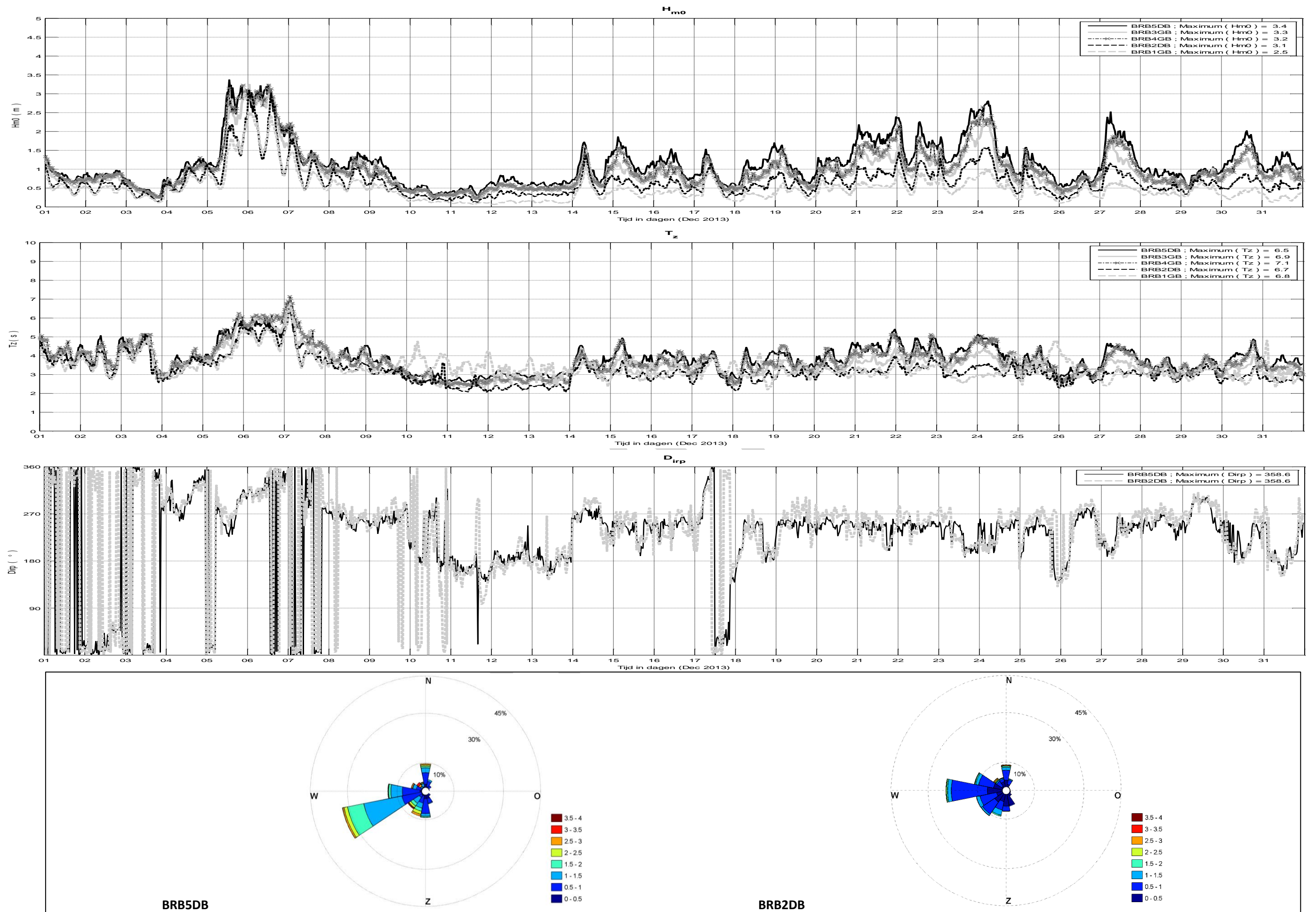
Voor de verwerking van de meetgegevens worden twee verwerkingslijnen gehanteerd, namelijk één voor de verwerking van de data die via satellietcommunicatie binnen komt en één voor de data die uitgelezen wordt van de geheugenkaartjes die zich in de boeien bevinden. Deze gegevens komen namelijk in andere bestanden die zowel in aantal als in type verschillend zijn. Details over de gehanteerde methodologie kan men terugvinden in de rapporten R01/03/04/07 en R02/05 respectievelijk (zie REFERENTIELIJST). Het komt erop neer dat twee sequenties van Matlab scripts geschreven zijn om de bestanden (om de 30 minuten) in te lezen en te verwerken tot vergelijkbare maandelijkse tijdreeksen:

- 1) Matlabstructuur per maandelijkse tijdreeks (data elke 30 minuten) van de volgende parameters voor elke boei:
  - GPS-coördinaten
  - Tijd
  - Golfparameters
  - Spectrale data
- 2) Tijdreeksen belangrijkste golfparameters: significante golfhoogte (Hm0), gemiddelde periode (Tm02) en golfrichting piek spectrum (Dirp); zie Figuur 2 en rapporten ruwe data).
- 3) Kruistabellen en golfroos (voor kruistabellen zie rapporten ruwe data en voorbeeld golfroos in Figuur 2).
- 4) Dataleemtes: onderstaande tabel toont in % de tijdsdekking van de data. Bij de data van de geheugenkaartjes werd tot nu toe de data voor 100% gerecupereerd.

LOCATIE	BRB5DB		BRB3GB		BRB4GB		BRB2DB		BRB1GB	
Data source	Sat	Kaart	Sat	Kaart	Sat	Kaart	Sat	Kaart	Sat	Kaart
2013 Dec	93.01%	100%	96.77%	100%	96.77%	100%	95.70%	100%	95.09%	100%
2014 Jan	95.16%	100%	99.46%	100%	99.46%	100%	100%	100%	100%	100%
2014 Feb	95.24%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	99.48%	100%
2014 Mar	91.40%	100%	93.55%	100%	94.49%	100%	92.47%	100%	93.41%	100%
2014 Apr	92.71%	100%	96.11%	100%	96.60%	100%	96.46%	100%	94.44%	100%
2014 Mei	100%	100%	99.46%	100%	99.46%	100%	96.77%	100%	98.39%	100%
2014 Jun	100%	100%	100%	100%	99.44%	100%	99.44%	100%	99.44%	100%
2014 Jul	99.46%	100%	100%	100%	99.46%	100%	97.85%	100%	96.24%	100%
2014 Aug	100%	100%	97.92%	100%	97.92%	100%	100%	100%	96.30%	100%
2014 Sep	82%	(*)	98.75%	(*)	96.53%	(*)	97.78%	(**)	98.75%	(**)
2014 Okt	99.46%	(*)	97.31%	(*)	99.46%	(*)	99.46%	(**)	100%	(**)
2014 Nov	98.89%	(*)	96.67%	(*)	98.96%	(*)	98.33%	(**)	100%	(**)
2014 Dec	97.85%	(*)	97.31%	(*)	95.77%	(*)	96.24%	(**)	98.39%	(**)
2015 Jan	95.16%	(*)	95.70%	(*)	95.70%	(*)	93.62%	(**)	97.31%	(**)
2015 Feb	92.86%	(*)	91.07%	(*)	92.34%	(*)	91.52%	(**)	93.45%	(**)

Tabel 5. Dekking van de boeimetingen per maand voor de periode December 2013-Februari 2015. (\*) data nog niet volledig beschikbaar. (\*\*) data nog niet gerapporteerd





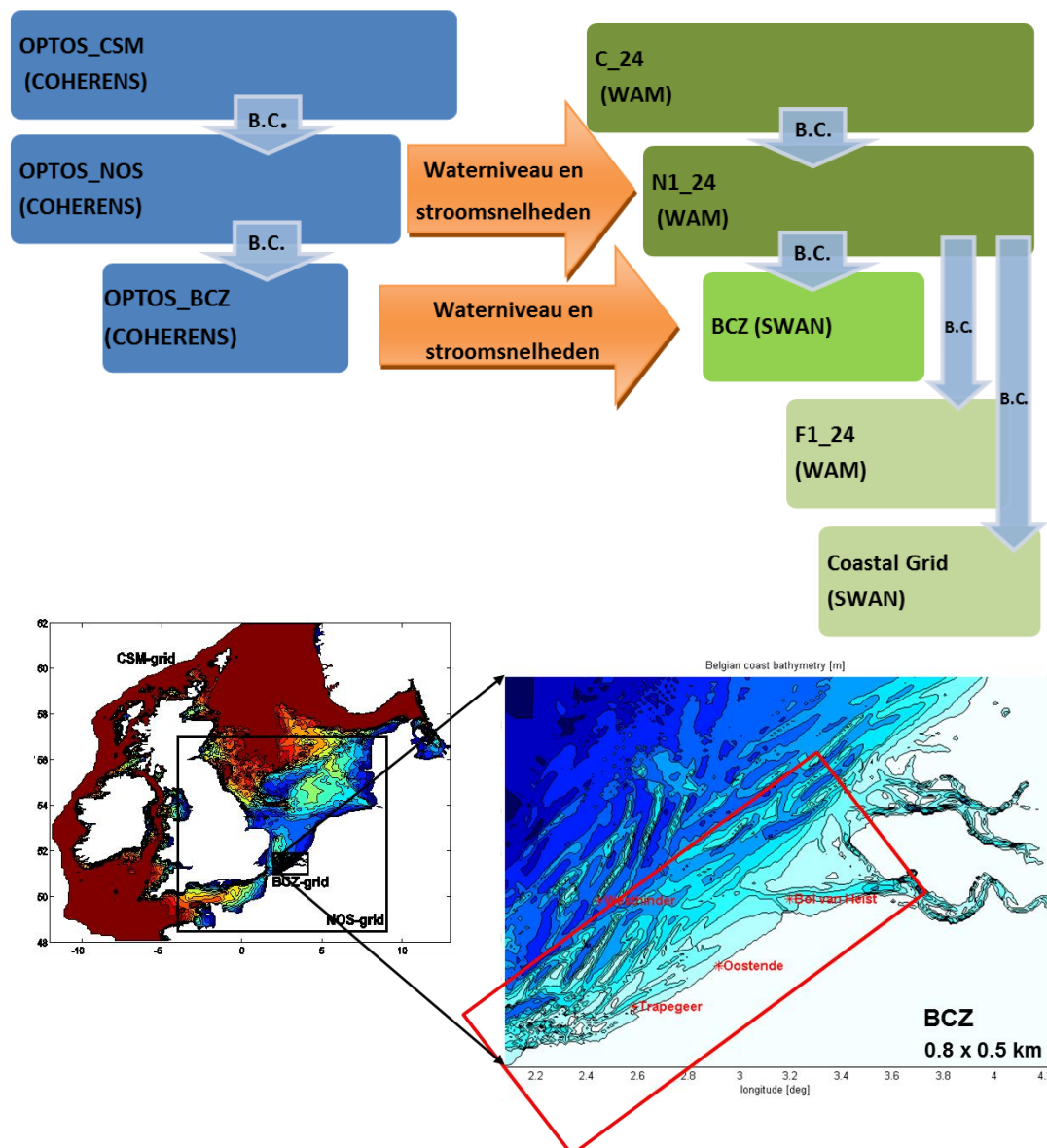
Figuur 2. H<sub>m0</sub>, T<sub>z</sub> en piekgolfrichting voor de boeien BRB5DB, BRB3GB, BRB4GB, BRB2DB en BRB1GB. Golfrozen voor BRB5 en BRB2 (directioneel). Ruwe data afkomstig van de geheugenkaartjes. December 2013.

### 3. WERKWIJZE GOLFMODELLERING

De periode van December 2013 tot en met Februari 2015 (15 maanden) werd gemodelleerd voor 'alle condities' en voor 'storm condities' (de 11 geselecteerde stormen zijn terug te vinden in Tabel 7).

Hieronder is in het kort de gevolgde methodologie weergegeven, (zie ook R06- Resultaten Modellering in REFERENTIELIJST voor meer details):

**Stap 1.** Opzet van de structuur van geneste en gekoppelde modellen (COHERENS voor stromingen en waterstanden, WAM en SWAN voor golven). Uiteindelijk leveren ze de nodige input voor het SWAN kuststrookmodel (golven). Figuur 3 geeft een overzicht van de verschillende modellen.



Figuur 3. Opzet van modelstructuur met uitwisseling van informatie (B.C. = boundary conditions (randvoorwaarden)). In de figuur onderaan zijn de verschillende roosters te zien met op de figuur rechts in het rood het gedraaide rooster voor het SWAN kuststrookmodel.

**Stap 2.** Verkennend onderzoek model settings

- Analyse inputs: windvelden, waterstanden en stromingen

- een aantal runs uitgevoerd voor de volledige maand december 2013 als ook voor de Sinterklaasstorm van 6-8 december 2013):

Kuststrookmodel	(volledige dec2013)
Gevoeligheid golfrandvoorwaarden	(volledige dec2013)
Gevoeligheidsanalyse voor tijdstap	(Sinterklaasstorm)
Updates bathymetrie	(Sinterklaasstorm)
Gevoeligheid waarde bodemwrijving	(Sinterklaasstorm)

**Stap 3.** Weerhouden settings voor de golfmodellering met SWAN kuststrookmodel (zie ook Tabel 6 en de bijhorende uitleg):

Windvelden:	ERA-Interim	
Stromingen en waterstanden (U,V):	uit Coherens BCZ (zie Figuur 3)	
Rekengrid voor golfmodellering kustzone	250mx250m	
Bron bathymetrische data	'WL 14_KZ'	
Tijdstap in het SWAN model	10 minuten	
Golfrandvoorwaarden:		
	<u>Gemeten spectra Westhinder boei op West-Noord-Oost domeinrand</u>	→ code CM50
	<u>Spectra gegenereerd met het WAM model</u>	→ code CW50
Bodemwrijving:		
	Default SWAN waarde JONSWAP factor bodemwrijving (=CM50)	
	<u>Halvering van waarde JONSWAP factor bodemwrijving</u>	→ code CM52

**Stap 4.** Runs voor kuststrookmodel. Periode. Model settings CM50, CW50 en CM52 per maand en voor geselecteerde stormen. Resultaten beschikbaar voor de periode december 2013 – februari 2015.

**Stap 5.** Kwaliteitsindicator voor de opvolging van de modelresultaten.

De volgende veel gebruikte statistische parameters werden weerhouden om modelresultaten en meetgegevens te vergelijken: RMSE (root mean square error), BIAS, SI (scatter index gedefinieerd als de root means square error gedeeld door de gemiddelde waarde van de metingen) en CO (correlatiecoëfficiënt). In overleg met de opdrachtgever werd vastgelegd om de volgende kwaliteitsindicatoren te gebruiken om de verbeteringen in de modelresultaten te kunnen waarnemen:

$$QI_{3maanden} = \frac{SI_{all\ cond\_BRB1GB} + SI_{all\ cond\_TRGGB1}}{2} \quad ; \text{gemiddelde SI volledige maand.}$$

$$QI_{stormen} = \frac{(SI_{storm\ cond\_BRB1GB} + SI_{storm\ cond\_TRGGB1})}{2} \quad ; \text{gemiddelde SI voor storm condities.}$$

**Stap 6.** Verwerking en plotten van de berekeningen en communiceren van de indicators.

Samengevat worden dus volgende settings weerhouden voor de simulatie van de volledige meetperiode:

Run Code	Main settings
<b>CM50</b>	Bathymetry WL met overlay bathymetrische loding juni 2013 (WL14_KZ) Default bodemwrijving Jonswap = 0.067
<b>CW50</b>	Bathymetry WL met overlay bathymetrische loding juni 2013 (WL14_KZ) Default bodemwrijving Jonswap = 0.067
<b>CM52</b>	CM50 maar met wrijvingsconstante bodemwrijving Jonswap = 0.0335

**Tabel 6. Overzicht van de geselecteerde settings voor simulatie volledige meetperiode.**

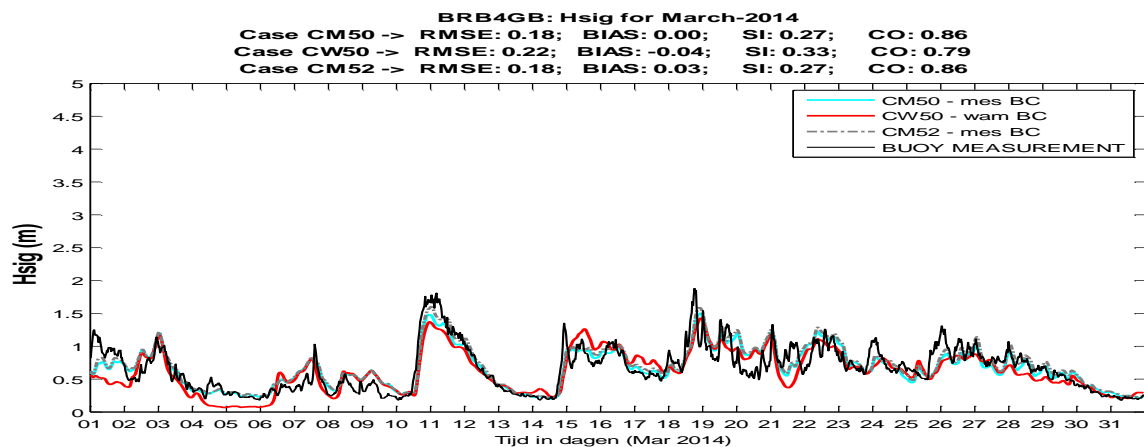
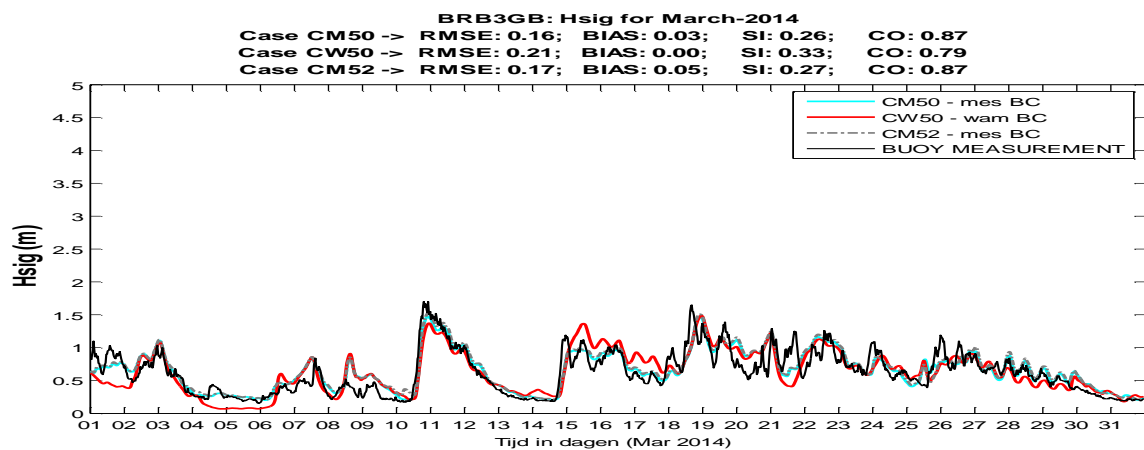
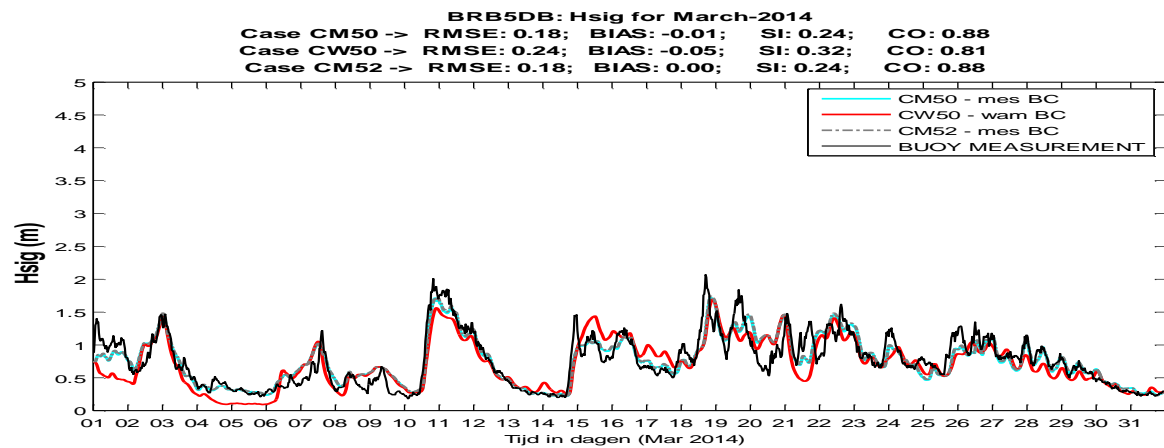
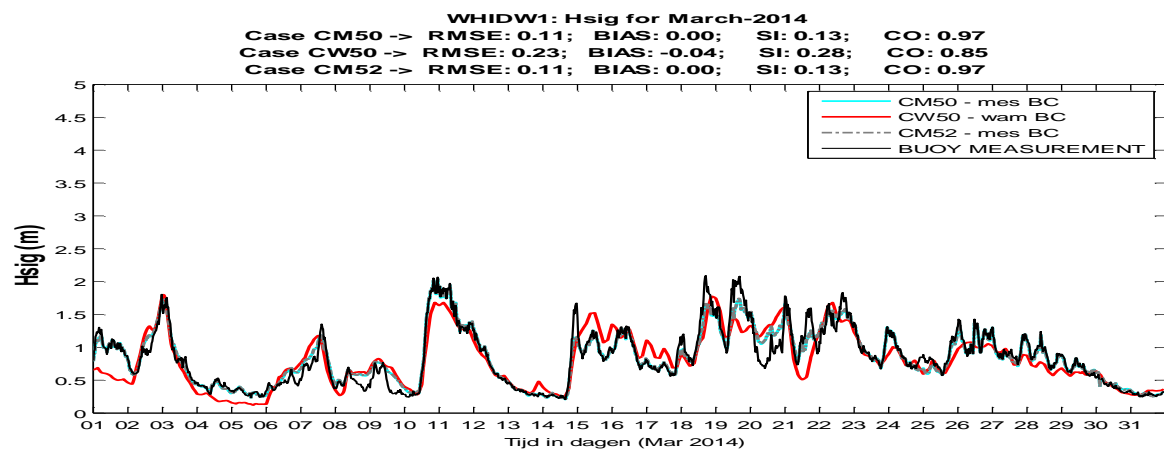
De selectie van deze stormen kan men vinden in onderstaande Tabel 7:

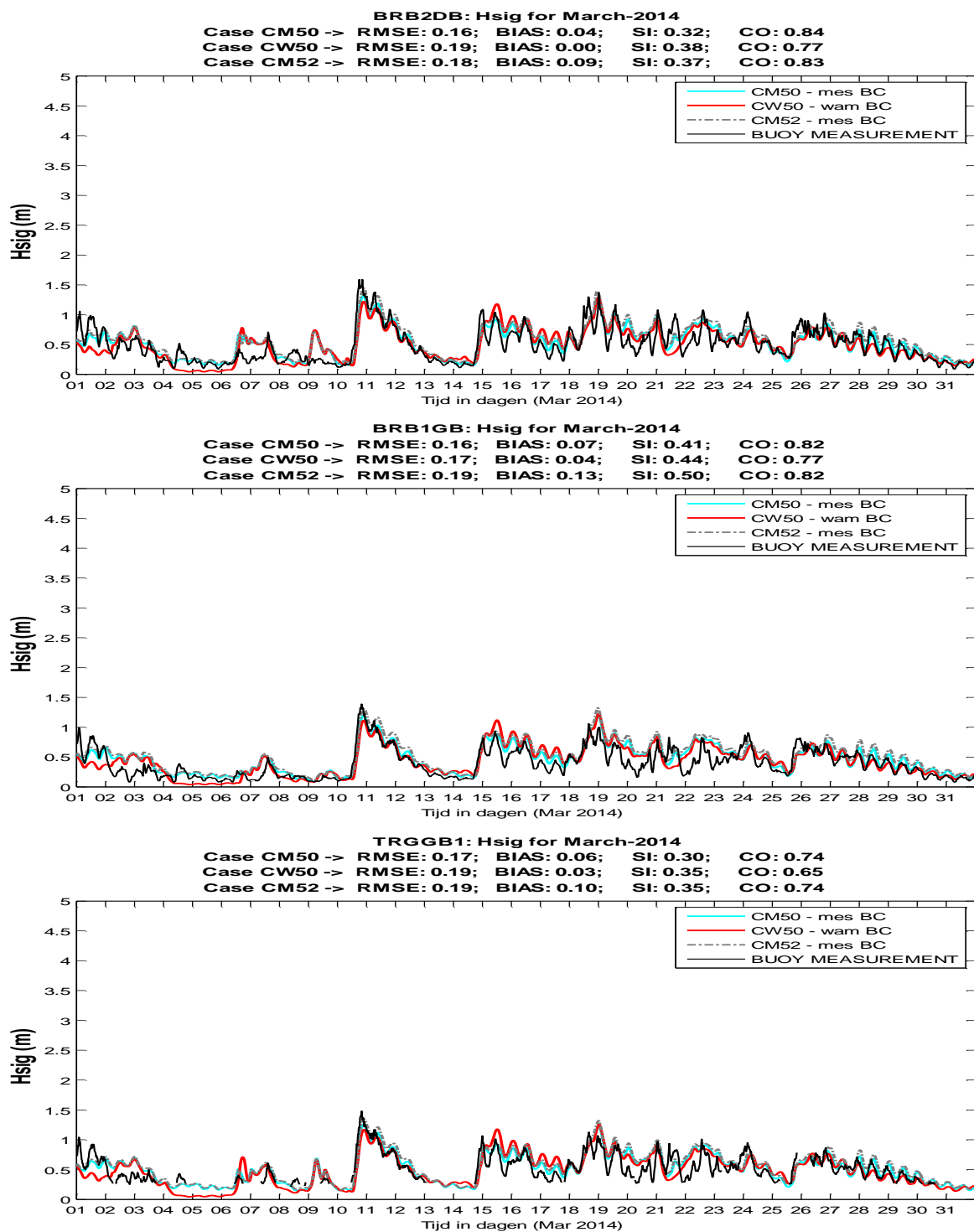
Storm ID	Startdatum	Einddatum	Maand
1	05 dec 2013	08 dec 2013	Dec 2013
2	23 jan 2014	27 jan 2014	Jan 2014
3	10 mar 2014	13 mar 2014	Mar 2014
4	18 apr 2014	21 apr 2014	Apr 2014
5	02 mei 2014	04 mei 2014	Mei 2014
6	14 jun 2014	19 jun 2014	Jun 2014
7	08 jul 2014	12 jul 2014	Jul 2014
8	20 sept 2014	23 sept 2014	Sep 2014
9	21 okt 2014	24 okt 2014	Okt 2014
10	26 dec 2014	29 dec 2014	Dec 2014
11	31 jan 2015	03 feb 2015	Jan-Feb 2015

**Tabel 7. Start- en einddatum voorde geselecteerde stormen periode dec 2013-feb 2015.**

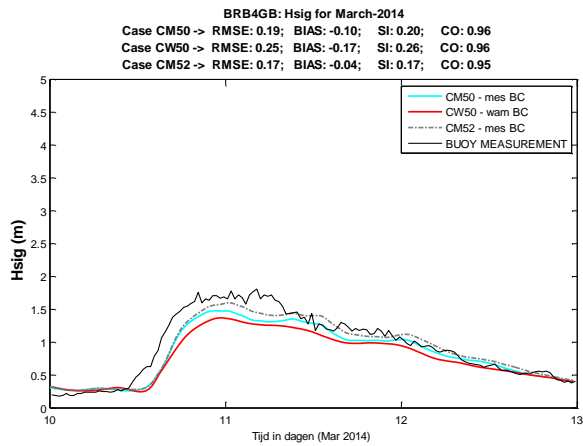
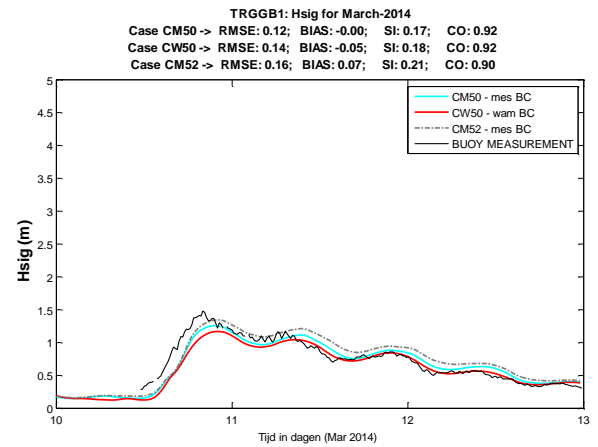
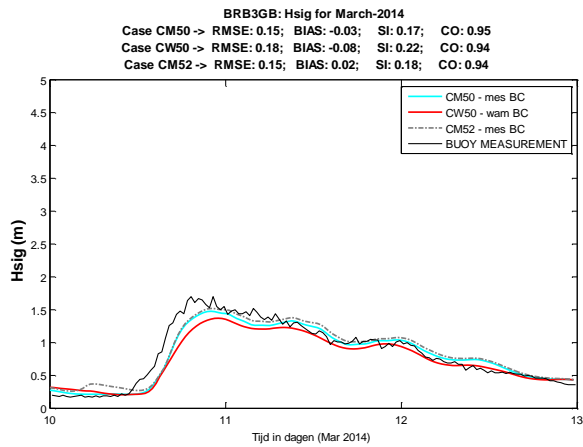
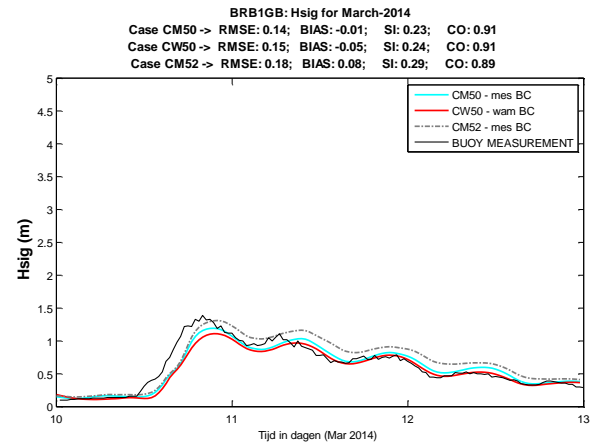
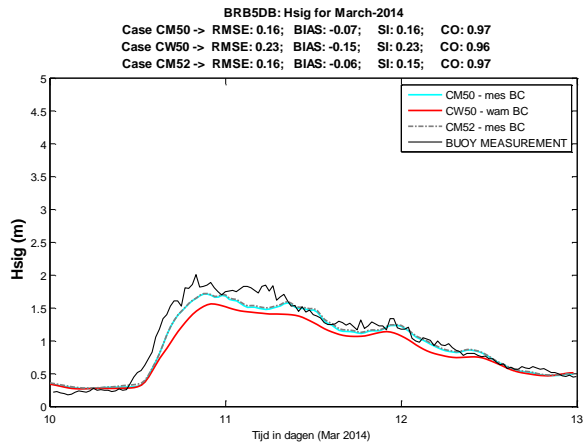
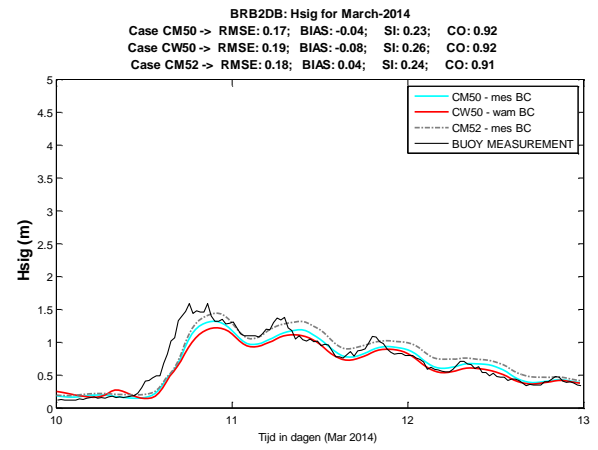
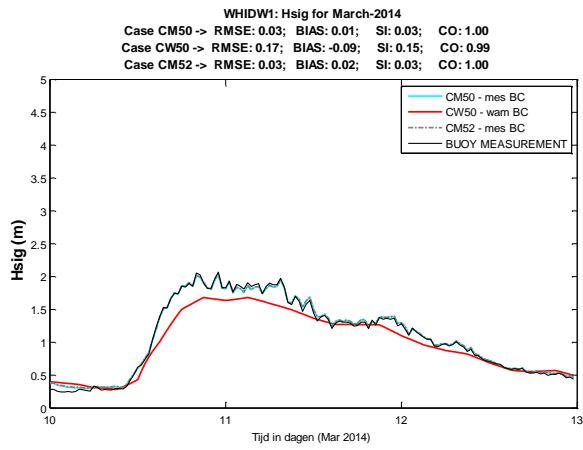
De bekomen significante golfhoogte  $H_{m0}$  en periode  $T_{m02}$  worden systematisch geplott voor de 7 boeilocaties (WHI, Trapegeer en de 5 boeien die speciaal voor deze campagne zijn uitgelegd), zie voorbeeldplots voor  $H_{m0}$  voor de volledige maand maart 2014 in Figuur 4 en voor de geselecteerde storm in die maand in Figuur 5.

Om toch op een iets meer overzichtelijke manier alle berekende statistische parameters te kunnen overzien (3 settings voor het model x 2 parameters  $H_{m0}$  en  $T_{m02}$  x 4 statistische parameters RMSE (root mean square error), BIAS (gemiddelde afwijking model en metingen), SI (scatter-index) en CO (correlatiecoëfficiënt) x 7 locaties x aantal gesimuleerde maanden en het aantal geselecteerde stormen), werden figuren gemaakt hoe deze parameters veranderen in de tijd. Figuur 6 toont dergelijke plot voor locatie BRB1GB. Alle andere tabellen en figuren zijn terug te vinden in het rapport R06- Resultaten Modellering (zie REFERENTIELIJST).

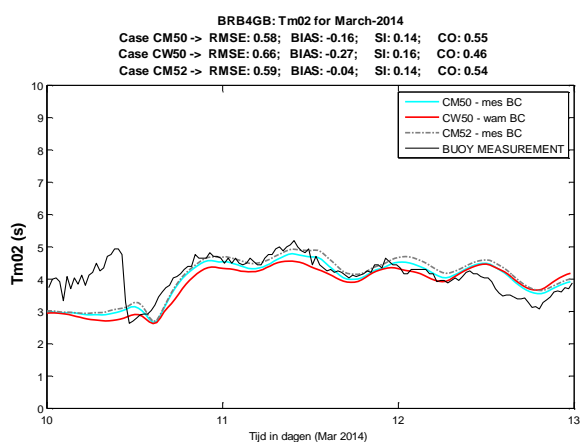
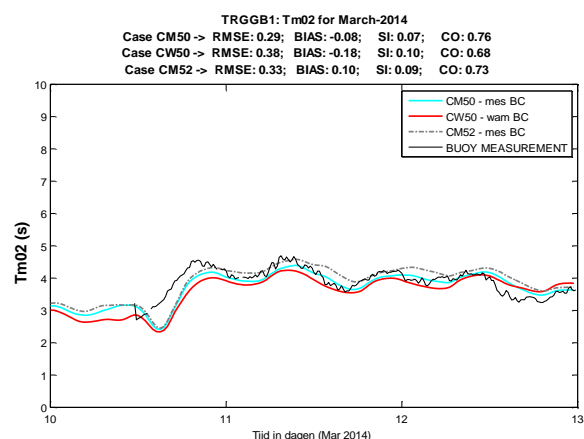
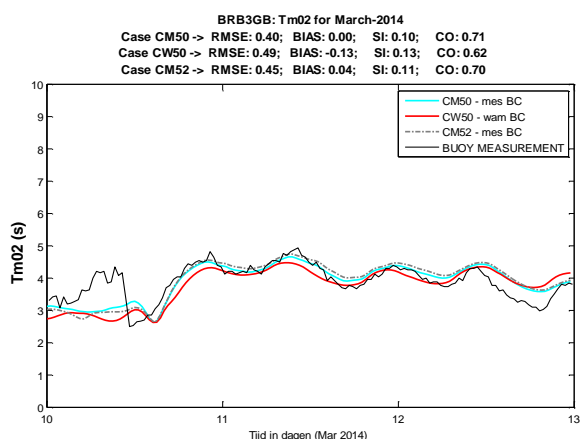
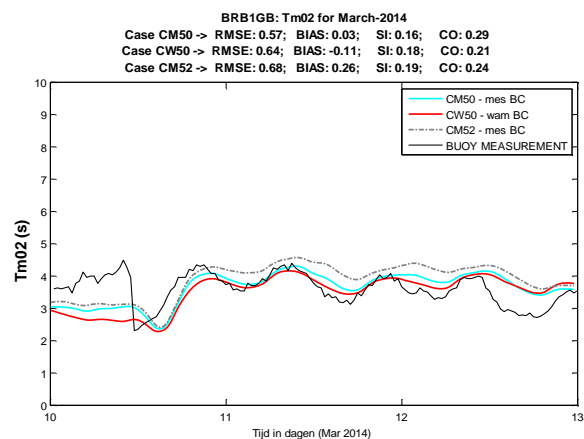
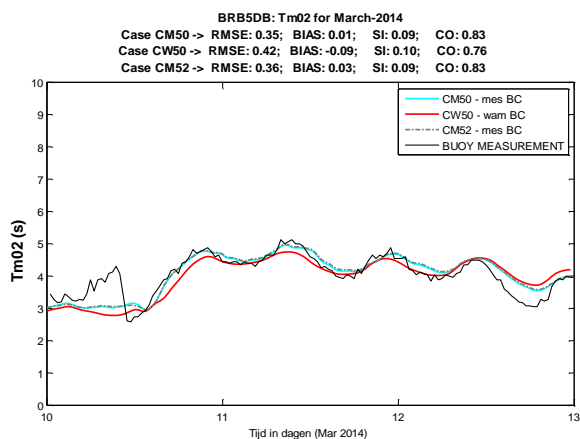
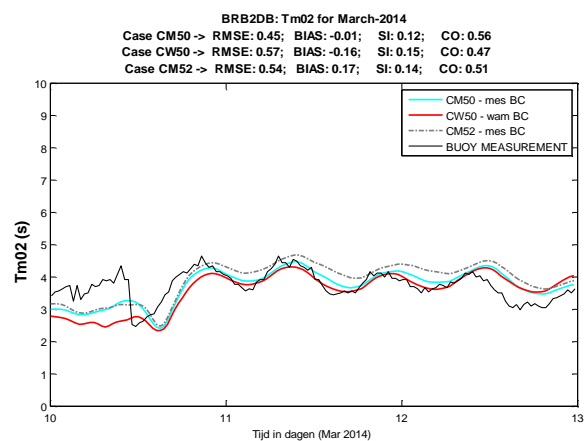
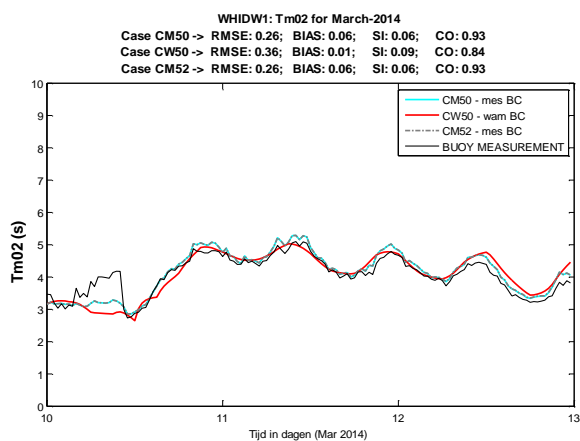




**Figuur 4.** (ook figuren op vorige pagina) Modelresultaat Hm0 (aangeduid met Hsig in m) simulatie voor maart 2014 model settings CM50, CW50 en CM52 en meetgegevens boeien op locaties WHIDW1, BRB5DB, BRB3GB, BRB4GB, BRB2DB, BRB1GB en TRGGB1.

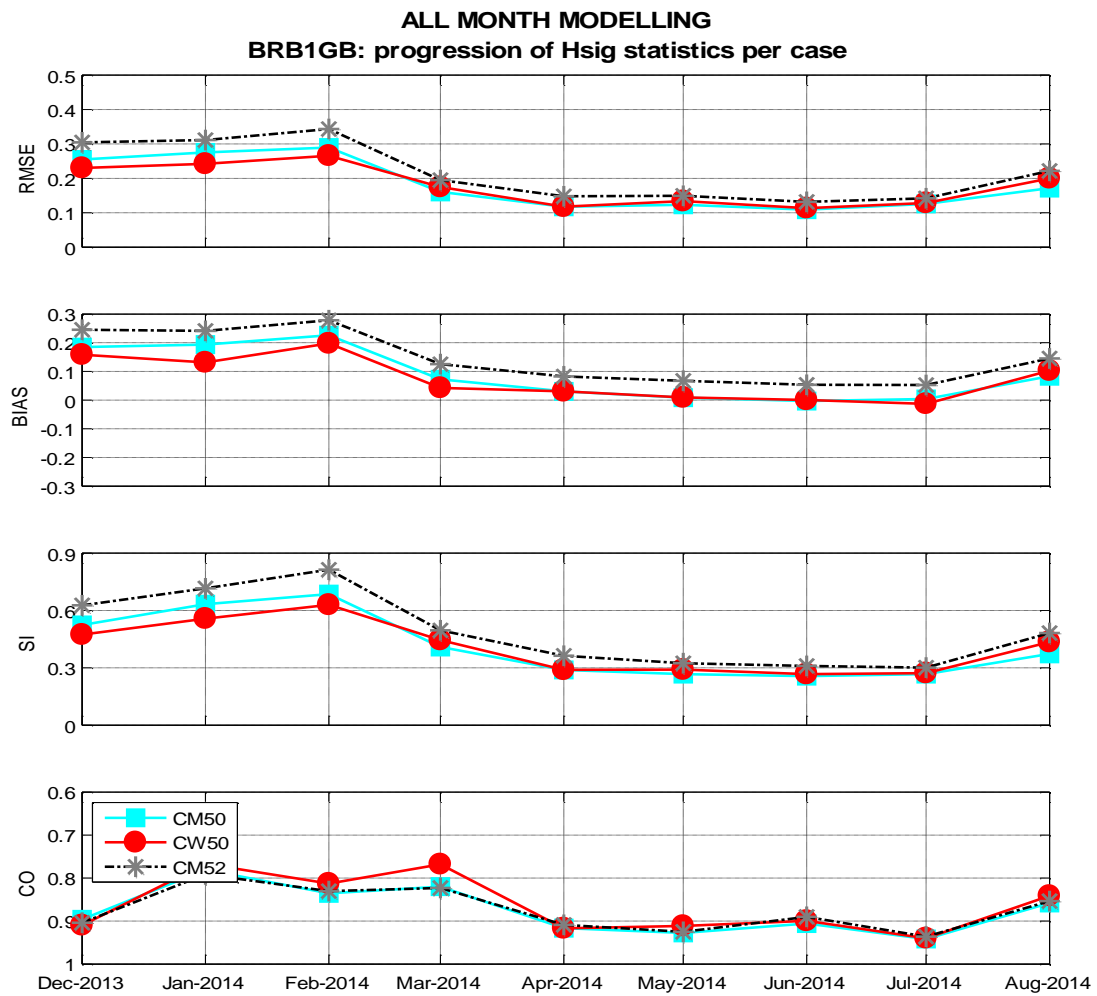




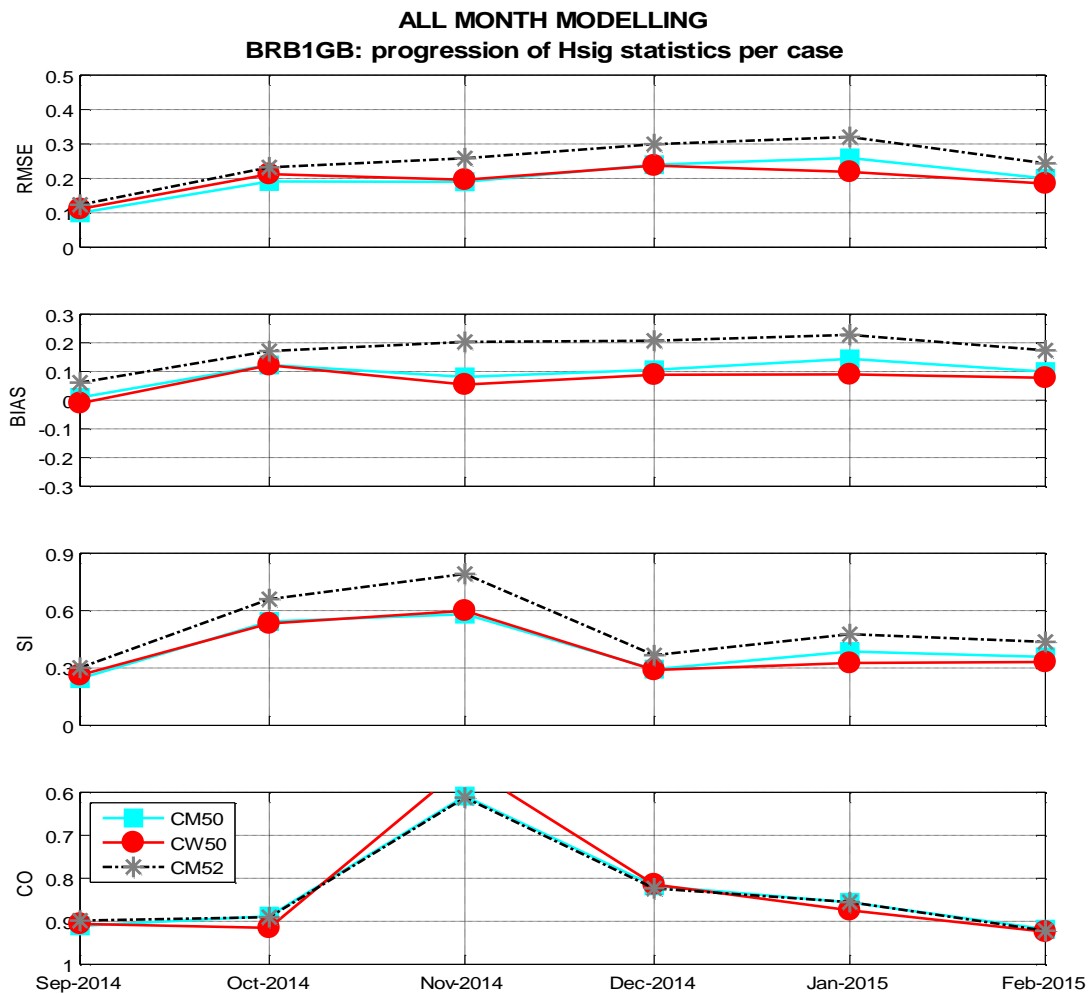


**Figuur 5. (ook figuren op vorige pagina) Modelresultaat Hmo en Tm02 storm 10-13 Maart 2014 model settings CM50, CW50 en CM52 en meetgegevens boeien op locaties WHIDW1, BRB5DB, BRB3GB, BRB4GB, BRB2DB, BRB1GB en TRGGB1.**





**Figuur 6. Verloop waarden statistische parameters voor golfhoogte Hm0 model settings CM50, CW50 en CM52 en dit op locatie BRB1GB. Per maand simulatie is er een parameterwaarde.**



**Figuur 7. Verloop statistische parameterwaarden voor model settings CM50, CW50 en CM52 op locatie BRB1GB. Per maand simulatie is er een parameterwaarde.**

Na overleg met de opdrachtgever werd besloten om de performantie van de modellering te monitoren via een eenvoudige indicator gerelateerd aan de performantie van het model op locaties BRB1GB en TRGGB1. Uiteindelijk wil men vooral op posities dicht bij de kust weten hoe goed het model presteert (en hoe goed men de dissipatieprocessen heeft kunnen inschatten). Als eenvoudige indicator voor de performantie van het model werd gekozen voor een gemiddelde scatter-index voor elk van de drie weerhouden model settings (CM50, CW50 en CM52, zie Tabel 6) en dit voor zowel Hm0 als Tm02. Het gemiddelde wordt berekend voor een periode van 3 maanden en is bovendien het gemiddelde van de twee locaties BRB1GB en TRGGB1. Uit de bekomen indicator voor de drie weerhouden model settings, wordt de kleinste waarde weerhouden en aangeduid met 'QI\_3maand' wanneer ze berekend aan de hand van de alle waarden voor de volledige maand en met 'QI\_storm' indien berekend met waarden die afkomstig zijn runs voor storm condities (zie Tabel 8 voor Hm0 indicator en Tabel 9 voor Tm02). De formules voor deze parameters zijn terug te vinden in stap 5 van het modeleringsproces (zie hierboven).

Hm0	Dec-Feb	Mar-May	Jun-Aug	Sept-Nov	Dec-Feb2015
QI_3maand	0.48	0.29	0.26	0.40	0.29
QI_stormen	0.23	0.16	0.16	0.21	0.26

Tabel 8. Hm0 indicator per 3 maanden van december 2013 tot en met februari 2015.

Tm02	Dec-Feb	Mar-May	Jun-Aug	Sept-Nov	Dec-Feb2015
QI_3maand	0.13	0.12	0.12	0.13	0.10
QI_stormen	0.10	0.10	0.11	0.09	0.12

Tabel 9. Tm02 indicator per 3 maanden van december 2013 tot en met februari 2015.

## 4. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

### 4.1. Conclusies

#### 4.1.1. Meetgegevens

Het communicatiesysteem om golfgegevens door de seinen via satelliet heeft een vrij grote betrouwbaarheid. Meestal is de dekking hoger dan 95% van de tijd. Onderbrekingen lijken random en zelden voor alle boeien tegelijkertijd. De verkregen golfdata lijken ook betrouwbaar. Daarop zijn twee uitzonderingen: 1) de data van september 2014 voor de boei BRB5DB is gedeeltelijk onbetrouwbaar wegens een verankeringsprobleem; de boei ging op drift en werd later teruggevonden aan de Franse kust; en 2) heel sporadisch worden op boeilocatie BRB4GB onrealistische golfhoogtes gemeten (ook na de verwisseling van de boei op die locatie bij het onderhoud werd dit nog vastgesteld). Er werd een methode ontwikkeld om die extreme metingen uit de reeks te filteren, zodat de goede metingen bruikbaar blijven.

De gegevens opgeslagen in de boei konden voor de beschouwde periode december 2013-februari 2015 volledig gerecupereerd worden en geven dus 100% dekking. Deze data worden dan ook gebruikt voor de vergelijking met de modelresultaten. De onrealistische golfhoogtes op BRB4GB zijn ook terug te vinden in de gedetailleerde tijdreeksen van het verticale verplaatsingssignaal.

#### 4.1.2. Modelresultaten van de eerste 15 maanden en de 11 geselecteerde stormen

Na het bekijken en analyseren van de verschillende figuren en tabellen met statistische parameters (Annex 11 in het rapport R06-Resultaten Modellerings) kunnen volgende bevindingen naar voor geschoven worden:

- op basis van de continue simulaties:
  1. Halvering van de bodemwrijving (setting CM52) leidt niet tot betere waarden voor de statistische parameters. Over het algemeen scoren de kwaliteitsindicatoren iets zwakker dan bij de twee andere model settings op deze ondiepe locaties. De significante golfhoogte wordt over het algemeen overschat en de BIAS, RMSE en SI zijn over het algemeen groter.
  2. Zoals te verwachten, krijgt men heel goede waarden voor de statistische parameters op de boeilocaties die dicht bij de rand liggen voor de model settings CM50 en CM52. Bij deze settings worden namelijk gemeten golfrandvoorwaarden opgelegd. Verder weg van de rand en naarmate men meer en meer opschuift naar ondieper water verschilt dat gedrag. Model settings CM50 en CW50 geven vergelijkbare statistische parameterwaarden. Meestal geven de model settings CM50 net iets betere waarden met uitzondering van locatie BRB1GB waar de model settings CW50 (WAM golfrandvoorwaarden) iets beter presteren (zie Annex 11 in het rapport R06- Resultaten Modellerings).

3. Golfhoogtes op locatie BRB4GB worden zowat continue onderschat en de afwijking is ook aanzienlijk groter dan op de andere boeilocaties (grotere negatieve BIAS) en dit voor elk van de model settings. Dit is zelfs meer uitgesproken voor stormcondities (zie verder). Alhoewel deze locatie op de Buitenratel nog vrij ver van de kust ligt, heeft het feit dat de lokale diepte er geschat is op slechts 4,5m LAT een grote invloed op het bekomen resultaat. Relatief kleine verschillen in werkelijke bathymetrie en de bathymetrie die gebruikt is in het model kunnen tot vrij grote verschillen leiden in modelresultaat. Wellicht krijgen we daar ook veel sneller golfbreking.
  4. Golven uit westelijke richting worden eerder onderschat dicht bij de rand (diepste locaties). Deze onderschatting is kleiner voor de ondiepere boeilocaties. Golfenergie afkomstig uit die richting wordt niet zo goed meegenomen bij de huidige modelsettings. Mogelijks kan een combinatie van gemeten en WAM gemodelleerde randvoorwaarden tot betere simulatieresultaten leiden.
  5. In de maanden mei, juni en nog meer uitgesproken in augustus, zien we voor model settings CW50 (WAM randvoorwaarden) vrij grote overschattingen van de Tm02 waarden (zie statistische parameterwaarden in Annex 11 in het rapport R06-Resultaten Modelleren). Meestal hebben we hier te maken met golven uit zuidwestelijke richting, of met periodes waarin de golfrichting heel sterk verandert.
- op basis van de stormsimulaties (komende uit noordwestelijke richting):
6. De statistische parameters die bekomen worden voor de storm condities tonen over het algemeen betere waarden dan deze bekomen voor de volledige maand. Dit is ook te verwachten aangezien voor deze condities de aangelegde randvoorwaarden optimaal zijn voor deze studie. De enige uitzondering is locatie BRB4GB, waar uit de negatieve BIAS een onderschatting van de golfhoogte kan afgeleid worden gaande tot een maximale waarde van 26 cm. De moeilijkheid om op deze boeilocatie goede resultaten te bekomen werd al aangehaald hierboven in item 3.
  7. Op het eerste zicht zou men verwachten dat door enkel N-NW stormen te selecteren, de statistische parameters vrij gelijklopend zouden zijn van storm tot storm. Er zit echter behoorlijk wat variatie op de bekomen waarden (Annex 11 in het rapport R06-Resultaten Modelleren). Elke 'storm' is natuurlijk anders met een andere voorgeschiedenis en een ander verloop. De kortere periodes die genomen worden voor deze stormen geven dan ook aanleiding tot meer variabiliteit (er gebeurt weinig of geen uitmiddeling). Om beter inzicht te krijgen zal het nodig zijn om te kijken hoe de golfspectra evolueren in de tijd en dit zowel in de gemeten als in de gesimuleerde spectra.

Voor de driemaandelijks indicatoren bij continue simulatie 'QI\_3maand' en bij stormsimulaties 'QI\_stormen' zien we in Tabel 8 en Tabel 9) ietwat betere resultaten in de zomermaanden. Het is op dit moment niet mogelijk om uit te maken of deze verbetering eerder een gevolg van een seizoenaal patroon dan wel eerder toevallig is.

## 4.2. Aanbevelingen voor verder onderzoek

We beschikken hier over een excellente dataset dat heel wat perspectieven biedt voor verder onderzoek. Hieronder worden verschillende suggesties geformuleerd.

1. Voor de kustnabije locaties Trapegeer en BRBGB1 (en voor locatie BRBGB4) speelt de waterstand relatief gezien een belangrijker rol bij de modellering dan voor de andere boeilocaties. Een gedetailleerd onderzoek naar het verschil in gemeten en gesimuleerde waterstand en de invloed hiervan op de gesimuleerde golfresultaten is een belangrijke stap om inzicht te krijgen in het feit dat de modelresultaten op de minst diepe boeilocaties minder goed zijn dan op de andere boeilocaties.
2. Gemeten waterstanden 'assimileren' in het hydrodynamisch model. Daarmee kan de fout op de gemodelleerde waterstanden verminderd worden. Indien uit de eerste aanbeveling voor verder onderzoek blijkt dat er een verband is tussen het verschil in gesimuleerde en gemeten waterhoogte, zal dat naar alle waarschijnlijkheid ook leiden tot een vermindering van de fout op de gemodelleerde golfhoogte op de minst diepe boeilocaties.
3. Verfijning van het rekenrooster. Momenteel wordt gewerkt met een rekenrooster van 250mx250m. Een verfijning van de bathymetrie tot een rekenrooster van bijvoorbeeld 50mx50m kan tot een verbetering leiden. Alhoewel dit natuurlijk de rekentijd aanzienlijk zal verhogen, loont het wellicht de moeite om dit te doen in eerste instantie voor een beperkt aantal stormen.
4. Verdere tuning van de parameters in het Battjes-Janssen dissipatiemodel voor diepte-geïnduceerde breking. Gezien de waterdiepte een belangrijke rol speelt bij dieptebreking, is het wel belangrijk dat suggesties 1, 2 en wellicht ook 3 eerst verder uitgewerkt worden. Gebruik van een ander model voor diepte geïnduceerde breking (in de officiële versie van SWAN is enkel de formulering van Battjes-Janssen beschikbaar) kan ook bijkomend inzicht verschaffen. Andere formuleringen zijn bijvoorbeeld beschikbaar in het spectraal golfmodel TOMAWAC.
5. Gebruik van een ander bodemwrijvingsmodel met natuurlijk de moeilijkheid om de noodzakelijke wrijvingsparameter(s) te bepalen. In SWAN zijn er naast de gebruikte JONSWAP formulering voor de bodemwrijving nog andere formuleringen beschikbaar.
6. De huidige windvelden hebben nog een vrij grove resolutie in de tijd (6-uurlijkse windvelden). Hogere resolutie windvelden, zowel in tijd (bijvoorbeeld uurlijkse windvelden) als in ruimte kunnen meer detail geven. In dat opzicht zou er ook gebruik kunnen gemaakt worden van gemeten windsnelheden voor de wind input in het kuststrookmodel. Daar komen wel een aantal praktische problemen bij kijken zoals bijvoorbeeld opvullen van leemtes in gemeten wind en welke uitmiddeling over de tijd wordt er best gebruikt voor de gemeten wind.
7. Golven die uit westelijke richting komen worden over het algemeen minder goed gemodelleerd. Toch spelen zij een belangrijke rol aan onze kust. Het is de dominante windrichting en de brekende golven zullen voor langstransport van sedimenten zorgen. Eén van de denkpijlen om de modelresultaten te

verbeteren is om gemeten en berekende golfrandvoorwaarden te combineren tot een nieuwe verbeterde golfrandvoorwaarde, maar wellicht dient dit probleem van 'slanting fetch' meer fundamenteel aangepakt te worden.

8. De interpretatie van de resultaten gebeurt nu aan de hand van de klassieke statische parameter en een 'eenvoudige' indicator namelijk de gemiddelde scatter index voor de twee kustnabije boeien over een periode van 3-maanden. Studie en interpretatie van de verschillen tussen gemeten en gemodelleerde golfspectra, bijvoorbeeld op basis van een S-score (dat een maat geeft voor de overeenkomst tussen twee spectra), kan wellicht meer inzicht geven.
9. Verder onderzoek naar reden extreme waarden golfhoogtes op locatie BRB4GB. Mogelijks gaat het hier omwille van de geringe diepte om brekende golven. Het onderzoek start best met het analyseren van recente bathymetrische peilingen. Een nieuwe peiling in die zone kan daarbij wenselijk zijn.

## 5. REFERENTIELIJST

- Nota 212176\_N01\_20140131: *"Monitoring Broersbank – First observations"*. Laboratorium voor Hydraulica, KU Leuven, Januari 2014.
- Nota 212176\_N02\_20140204: *"Monitoring Broersbank – Concept modelling"*. Laboratorium voor Hydraulica, KU Leuven, Juni 2014.
- Nota 212176\_N03\_20150417: *"Monitoring Broersbank – Preliminaire Nota Dissipatie Zandbanken"*. Laboratorium voor Hydraulica, KU Leuven, April 2015.
- Rapport 212176-R01- 20140716: *"Monitoring Broersbank boeidata – datarapport periode december 2013 – maart 2014"*. Laboratorium voor Hydraulica, KU Leuven, Oktober 2014.
- Rapport 212176-R02-20140625: *"Monitoring Broersbank boeidata – Ruwe datarapport periode december 2013-maart 2014"*. Laboratorium voor Hydraulica, KU Leuven, Oktober 2014.
- Rapport 212176-R03- 20141021: *"Monitoring Broersbank boeidata – datarapport periode April-Augustus 2014"*. Laboratorium voor Hydraulica, KU Leuven, Oktober 2014.
- Rapport 212176-R04-SAT\_BRB\_20141218: *"Monitoring Broersbank boeidata – datarapport periode Sept-Nov 2014"*. Laboratorium voor Hydraulica, KU Leuven, December 2014.
- Rapport 212176-R05-20141216: *"Monitoring Broersbank boeidata – Ruwe datarapport periode April 2014-Augustus 2014"*. Laboratorium voor Hydraulica, KU Leuven, December 2014.
- Rapport 212176-R06-20150228 *"Monitoring Broersbank - Resultaten Modelling December 2013 - August 2014"*. Laboratorium voor Hydraulica, KU Leuven, Februari 2015.
- Rapport 212176-R06-20150515 *"Monitoring Broersbank - Resultaten Modelling December 2013 - Februari 2015"*. Laboratorium voor Hydraulica, KU Leuven, Mei 2015.
- Rapport 212176-R07-SAT\_BRB\_20150331: *"Monitoring Broersbank boeidata – datarapport periode Dec 2014-Feb 2015"*. Laboratorium voor Hydraulica, KU Leuven, Maart 2015.
- Waverider Manual. *"Datawell Waverider Reference Manual for WR-SG, DWR-MkIII and DWR-G"*. Juli 28, 2010.



## Reference to this report

Ortega Yamamoto, H., H. Komijani, J. Monbaliu, 2015. *Monitoring Broersbank- Samenvattend verslag (December 2013-februari 2015)*. Monitoring Broersbank\_212176\_R08 in opdracht van Afdeling Kust - Agenschap Maritieme Dienstverlening en Kust - Vlaamse Overheid, Laboratorium voor Hydraulica KU Leuven, 15-05-2015.